

## < 参考 1 >

# 燃料定数の設定方法

1. 燃料定数の基本的考え方
2. 燃料定数の一覧
3. 個別燃料定数の設定方法



## 1. 燃料定数(発熱量およびCO<sub>2</sub>排出原単位)の基本的考え方

### (1) 対象とする燃料

対象とする燃料は、基本的に総合エネルギー統計(改訂後)の燃料に基づき、それ以外で総合効率の計算に必要な燃料については別途追加した。

### (2) 対象とする燃料定数

対象とする燃料定数は以下のとおりである。

発熱量

CO<sub>2</sub>排出係数

単位換算値(Nm<sup>3</sup> kg, l kg)

#### 1) 発熱量

発熱量には、燃焼によって生じる水分子のもつ潜熱(凝縮時に放出 = 600kcal/kgH<sub>2</sub>O)を含めた高位発熱量(Higher Heating Value: HHV)と含めない低位発熱量(Lower Heating Value: LHV)がある。ここでは、高位発熱量(HHV)と低位発熱量(LHV)を併記することとした<sup>注)</sup>。また、単位は燃料性状の違いによって、「MJ/kg」、「MJ/l」、「MJ/Nm<sup>3</sup>」を基本とし、LHV/HHV換算係数も併せて記載する。

#### 2) CO<sub>2</sub>排出係数

CO<sub>2</sub>排出係数は、MJあたり(HHV, LHV)、質量あたりを併記する。どちらか一方の数値しか得られない場合には単位換算値を用いて換算する。

#### 3) 単位換算値

単位換算値は、燃料性状によって異なる単位(l, Nm<sup>3</sup>)を「kg」に換算する数値である。液体燃料の温度条件はJIS規格(K-2249)に基づき15とする。

---

<sup>注)</sup> HHVは、政府のエネルギー統計、電力会社の発電効率基準、都市ガスの取引基準として広く用いられている。一方LHVは自動車の車両効率や民生用ボイラーのボイラー効率、民生用ガスタービンの発電効率、コージェネの総合効率などの基準に慣用的に用いられてきた。発熱量の基準を各種エネルギー統計に用いられているHHVに統一することが合理的ではあるが、自動車等では排気ガスの温度が100以上で生成水蒸気の潜熱は利用できないため、LHV基準で示すのが妥当との考えもあり、統一はなされていない。なお、高位発熱量は総発熱量(Gross Calorific Value: GCV)、低位発熱量は真発熱量(Net Calorific Value: NCV)とも呼ばれる。

## 2. 燃料定数の一覧

燃料定数の一覧表を表 2-1 に示す。

表 2-1 燃料定数の一覧表 (再掲)

	単位	単位換算値*1	発熱量			発熱量(MJ/kg換算値)*2			換算係数	CO2排出係数				
			単位	LHV	HHV	単位	LHV	HHV		LHV/HHV	単位	LHV	HHV	単位
石炭														
コークス用原料炭	-	-	MJ/kg	28.4	29.1	MJ/kg	28.4	29.1	0.975	g-CO2/MJ	92.2	89.9	kg-CO2/kg	2.62
輸入一般炭	-	-	MJ/kg	25.9	26.6	MJ/kg	25.9	26.6	0.975	g-CO2/MJ	92.9	90.6	kg-CO2/kg	2.41
コークス	-	-	MJ/kg	30.1	30.1	MJ/kg	30.1	30.1	1.000	g-CO2/MJ	108	108	kg-CO2/kg	3.25
製鉄副生ガス														
コークス炉ガス	kg/Nm3	0.470	MJ/Nm3	18.7	21.1	MJ/kg	39.8	44.9	0.886	g-CO2/MJ	45.4	40.3	kg-CO2/kg	1.81
高炉ガス	kg/Nm3	1.37	MJ/Nm3	3.35	3.41	MJ/kg	2.45	2.50	0.982	g-CO2/MJ	261	257	kg-CO2/kg	0.641
転炉ガス	kg/Nm3	1.34	MJ/Nm3	8.38	8.41	MJ/kg	6.27	6.29	0.996	g-CO2/MJ	186	185	kg-CO2/kg	1.17
石油														
原油	kg/l	0.854	MJ/l	36.2	38.1	MJ/kg	42.4	44.6	0.950	g-CO2/MJ	72.0	68.4	kg-CO2/kg	3.05
ナフサ	kg/l	0.723	MJ/l	31.9	33.6	MJ/kg	44.1	46.5	0.950	g-CO2/MJ	70.1	66.6	kg-CO2/kg	3.09
ガソリン	kg/l	0.733	MJ/l	32.9	34.6	MJ/kg	44.9	47.2	0.950	g-CO2/MJ	70.6	67.1	kg-CO2/kg	3.17
灯油	kg/l	0.792	MJ/l	35.0	36.8	MJ/kg	44.2	46.5	0.950	g-CO2/MJ	71.4	67.9	kg-CO2/kg	3.16
軽油	kg/l	0.833	MJ/l	36.1	38.0	MJ/kg	43.3	45.6	0.950	g-CO2/MJ	72.3	68.7	kg-CO2/kg	3.13
重油(平均)	kg/l	0.899	MJ/l	39.0	40.5	MJ/kg	43.4	45.1	0.962	g-CO2/MJ	73.2	70.4	kg-CO2/kg	3.18
A重油	kg/l	0.860	MJ/l	37.2	39.2	MJ/kg	43.3	45.6	0.950	g-CO2/MJ	72.9	69.3	kg-CO2/kg	3.16
B重油	kg/l	0.900	MJ/l	39.4	40.4	MJ/kg	43.8	44.9	0.975	g-CO2/MJ	72.3	70.5	kg-CO2/kg	3.17
C重油	kg/l	0.940	MJ/l	41.0	42.0	MJ/kg	43.6	44.7	0.975	g-CO2/MJ	73.5	71.6	kg-CO2/kg	3.21
液化石油ガス(LPG)														
プロパン(民生用)	kg/l	0.507	MJ/l	23.5	25.6	MJ/kg	46.4	50.4	0.921	g-CO2/MJ	64.7	59.5	kg-CO2/kg	3.00
ブタン・プロパン混合(自動車用)	kg/l	0.563	MJ/l	25.8	28.0	MJ/kg	45.8	49.7	0.922	g-CO2/MJ	66.1	60.9	kg-CO2/kg	3.03
天然ガス														
輸入液化天然ガス(LNG)	-	-	MJ/kg	49.1	54.6	MJ/kg	49.1	54.6	0.900	g-CO2/MJ	54.9	49.4	kg-CO2/kg	2.70
国産天然ガス(気体)	kg/Nm3	-	MJ/Nm3	38.6	42.9	MJ/kg	-	-	0.900	g-CO2/MJ	56.6	51.0	kg-CO2/kg	-
都市ガス														
13A	kg/Nm3	0.847	MJ/Nm3	41.5	46.1	MJ/kg	49.0	54.4	0.900	g-CO2/MJ	55.3	49.8	kg-CO2/kg	2.71
(平均)	kg/Nm3	-	MJ/Nm3	-	-	MJ/kg	-	-	-	g-CO2/MJ	-	-	kg-CO2/kg	-
(4A~7C)	kg/Nm3	-	MJ/Nm3	-	-	MJ/kg	-	-	-	g-CO2/MJ	-	-	kg-CO2/kg	-
(12A~13A)	kg/Nm3	-	MJ/Nm3	-	-	MJ/kg	-	-	-	g-CO2/MJ	-	-	kg-CO2/kg	-
(LPG直接供給)	kg/Nm3	-	MJ/Nm3	-	-	MJ/kg	-	-	-	g-CO2/MJ	-	-	kg-CO2/kg	-
合成燃料等														
メタン・ル	kg/l	0.796	MJ/l	15.8	18.1	MJ/kg	19.9	22.7	0.877	g-CO2/MJ	68.9	60.4	kg-CO2/kg	1.37
DME	kg/Nm3	2.11	MJ/Nm3	60.7	66.8	MJ/kg	28.8	31.7	0.909	g-CO2/MJ	66.3	60.3	kg-CO2/kg	1.91
FT軽油(GTL)	kg/l	0.785	MJ/l	34.5	37.1	MJ/kg	44.0	47.2	0.932	g-CO2/MJ	70.7	65.9	kg-CO2/kg	3.11
バイオマス関連燃料														
BDF	kg/l	0.890	MJ/l	35.4		MJ/kg	39.8			g-CO2/MJ	76.2		kg-CO2/kg	2.81
メタン	kg/Nm3	0.717	MJ/Nm3	35.9	39.8	MJ/kg	50.0	55.5	0.901	g-CO2/MJ	54.8	49.4	kg-CO2/kg	2.74
エタン・ル	kg/l	0.790	MJ/l	21.2	23.5	MJ/kg	26.8	29.7	0.902	g-CO2/MJ	71.3	64.3	kg-CO2/kg	1.91
ETBE	kg/l	0.750	MJ/l	26.4	28.7	MJ/kg	35.2	38.2	0.921	g-CO2/MJ	73.3	67.5	kg-CO2/kg	2.58
水素														
水素(液体)	kg/l	0.0708	MJ/l	8.50	10.1	MJ/kg	120	142	0.845	-	-	-	-	
水素(気体)	kg/Nm3	0.0899	MJ/Nm3	10.8	12.8	MJ/kg	120	142	0.845	-	-	-	-	
電力*3														
発電時														
原油発電	-	-	MJ/kWh	8.90	9.37	MJ/kWh	8.90	9.37	0.950	g-CO2/MJ	194	194	kg-CO2/kWh	0.698
重油発電	-	-	MJ/kWh	8.90	9.37	MJ/kWh	8.90	9.37	0.950	g-CO2/MJ	198	198	kg-CO2/kWh	0.711
天然ガス発電	-	-	MJ/kWh	8.09	8.99	MJ/kWh	8.09	8.99	0.900	g-CO2/MJ	128	128	kg-CO2/kWh	0.462
石炭発電	-	-	MJ/kWh	8.87	9.10	MJ/kWh	8.87	9.10	0.975	g-CO2/MJ	246	246	kg-CO2/kWh	0.887
石炭発電(燃焼+輸送)										g-CO2/MJ	252	252	kg-CO2/kWh	0.908
国内火力発電平均	-	-	MJ/kWh	8.41	9.08	MJ/kWh	8.41	9.08	0.926	g-CO2/MJ	166	166	kg-CO2/kWh	0.597
(国内発電平均)	-	-	MJ/kWh	-	-	MJ/kWh	-	-	-	g-CO2/MJ	-	98.1	kg-CO2/kWh	-
(国内夜間電力平均)	-	-	MJ/kWh	-	-	MJ/kWh	-	-	-	g-CO2/MJ	-	85.6	kg-CO2/kWh	-
原子力発電*4(建設込み)										g-CO2/MJ	6.50			
太陽光発電(建設込み)										g-CO2/MJ	14.8			
風力発電(建設込み)										g-CO2/MJ	8.19			
水力発電(建設込み)										g-CO2/MJ	3.13			
消費時														
電力使用時	-	-	MJ/kWh	3.60	3.60	MJ/kWh	3.60	3.60	1.000	g-CO2/MJ	-	-	kg-CO2/kWh	-

表中の数値は3桁だが、計算過程で有効数値が2桁しか得られなかったのものを使う場合もあるため、厳密な意味では有効数値3桁で統一されているわけではない。

- \*1 液体燃料の温度条件は15。ただし水素(液体)は253。
- \*2 単位換算値を用いて「MJ/kg」に換算した数値。もともと「MJ/kg」の場合、電力の場合は換算を行っていない。
- \*3 発電時の発熱量は、発電所で1kWhの発電に必要な投入熱量。消費時は電力を使用するときの1kWhあたりの発熱量。
- \*4 原子力発電のCO2排出係数はBWRの場合。発電所設備の運用(核燃料の採掘・粗精製、弗化、濃縮、輸送および発電等)にかかるCO2排出を含む。

表 2-2 発熱量およびCO<sub>2</sub>排出原単位データの出典

燃料の種類	燃料定数	データの出典
石炭	発熱量	環境省「平成 17 年度温室効果ガス排出量算定方法検討会 温室効果ガス排出量算定に関する検討結果(案) エネルギー・工業プロセス分科会報告書(エネルギー(燃料の燃焼CO <sub>2</sub> )分野)」(平成 18 年 2 月)
	CO <sub>2</sub> 排出係数	
製鉄副生ガス	発熱量	「総合エネルギー統計」の基礎データとなっている日本鉄鋼連盟調査の燃料組成データを基に算出。
	CO <sub>2</sub> 排出係数	
石油	発熱量	環境省「平成 17 年度温室効果ガス排出量算定方法検討会 温室効果ガス排出量算定に関する検討結果(案) エネルギー・工業プロセス分科会報告書(エネルギー(燃料の燃焼CO <sub>2</sub> )分野)」(平成 18 年 2 月) 原油, ナフサの単位換算値についてのみ, 環境省「平成 14 年度 温室効果ガス排出量算定方法検討会 エネルギー・工業プロセス分科会報告(燃料)」(平成 14 年 8 月)からの引用
	CO <sub>2</sub> 排出係数	
液化石油ガス (LPG)	発熱量	LP ガス協会資料「自動車用 LP ガス燃料に関する標準仕様とその物性値の算出」の燃料組成データを基に算出。
	CO <sub>2</sub> 排出係数	
天然ガス	発熱量	環境省「平成 17 年度温室効果ガス排出量算定方法検討会 温室効果ガス排出量算定に関する検討結果(案) エネルギー・工業プロセス分科会報告書(エネルギー(燃料の燃焼CO <sub>2</sub> )分野)」(平成 18 年 2 月)
	CO <sub>2</sub> 排出係数	
都市ガス (13A)	発熱量	(社)日本ガス協会による提供資料
	CO <sub>2</sub> 排出係数	
合成燃料等	発熱量	メタノール (財)エネルギー総合工学研究所「メタノール発電技術」 DME, メタン, エタノール 基本物性値から計算 ETBE 環境省 再生可能燃料利用推進会議 第 3 回検討会資料 3「ETBE について」より設定
	単位換算値	メタノール (財)エネルギー総合工学研究所「メタノール発電技術」 DME, メタン 「理科年表」 エタノール, ETBE 環境省 再生可能燃料利用推進会議 第 3 回検討会資料 3「ETBE について」より設定
	CO <sub>2</sub> 排出係数	メタノール, DME, メタン, エタノール, ETBE 基本的物性値としての計算から算出
GTL (FT 軽油)	発熱量	Emissions from Trucks using Fischer-Tropsch Diesel Fuel (SAE 982526)の SMDS 軽油の値を採用
	CO <sub>2</sub> 排出係数	
BDF (バイオエーセル)	発熱量	「循環型経済社会の形成を目指したバイオマスエネルギー活用促進に向けた調査～近畿地域におけるバイオマスエネルギー利用の展望～調査報告書(近畿経済産業局資源エネルギー部エネルギー対策課, 2002.3)」 トヨタ自動車, みずほ総研「輸送用燃料の Well-to-Wheel 評価 日本における輸送用燃料製造(Well-to-Tank)を中心とした温室効果ガス排出量に関する研究報告書」
	CO <sub>2</sub> 排出係数	
水素	発熱量	「理科年表」
	単位換算値	
電力	発熱量	電力中央研究所「ライフサイクルCO <sub>2</sub> 排出量による発電技術の評価」(平成 12 年 3 月), 経済産業省「電力需給の概要」, 「製品等ライフサイクルアセスメント環境影響評価技術開発」から算出。
	CO <sub>2</sub> 排出係数	

### 3. 個別燃料定数の設定方法

設定に使用した文献の略称表記を表 3-1 に示す。文献の詳細については、本編表 3-1 ~ 表 3-9 を参照。

表 3-1 文献一覧

文献番号	略称	文献名	発行元 発表年
-	総エネ統計	総合エネルギー統計*	資源エネルギー庁長官官 房総合政策課
E-001	H14 環境省検討会 報告書	平成 14 年度 温室効果ガス排出量算定方法検討 会 エネルギー・工業プロセス分科会報告書(燃 料)	環境省 温室効果ガス排出量算定 方法検討会 2002/8
E-002	総エネ統計 の解説	総合エネルギー統計の解説	(独)経済産業研究所 2003/2
E-003	環境省 ガイドライン	事業者からの温室効果ガス排出量算定方法ガイ ドライン 試案 Ver1.2	環境省地球環境局 2003/7
E-004	メタノール 発電技術	メタノール発電技術	(財)エネルギー総合工学研 究所 1997/3
E-005	GTL の応用	合成液化(GTL)燃料のディーゼルエンジン応用	PETROTECH 第 26 巻 第 5 号 2003
E-006	原子力発電技術 の評価	ライフサイクルCO <sub>2</sub> 排出量による原子力発電技 術の評価	(財)電力中央研究所 2001/8
E-007	電力需給の概要	平成 14 年度 電力需給の概要	資源エネルギー庁 電力・ガス事業部 2003/3
E-008	H17 環境省検討会 報告書	平成 17 年度 温室効果ガス排出量算定方法検討 会 温室効果ガス排出量算定に関する検討結果 (案) エネルギー・工業プロセス分科会報告書 (エネルギー(燃料の燃焼CO <sub>2</sub> )分野)	環境省 温室効果ガス排出量算定 方法検討会(第 3 回) 2006/2
E-009	LP ガスの標準仕 様と物性値	自動車用 LP ガス燃料に関する標準仕様とその物 性値の算出	(財)LP ガス協会 2001/4
J-014	燃料電池技術 データ集	燃料電池技術データ集 - 各種効率の定義と計算例 -	燃料電池開発情報センタ ー(FCDIC) 2001/6
J-027	発電技術の評価	ライフサイクルCO <sub>2</sub> 排出量による発電技術の評価 - 最新データによる再推計と前提条件の違いによる 影響 - (抜粋)	(財)電力中央研究所 2000/3
J-031	ガス協資料	「LNG 及び都市ガスの LCCO <sub>2</sub> 分析における中東 プロジェクトのインパクト評価」のバックデータ	エネルギー・資源学会 2004/12
J-035	トヨタ・ みずほ調査	輸送用燃料の Well-to-Wheel 評価 日本における輸 送用燃料製造(Well-to-Tank)を中心とした温室効 果ガス排出量に関する研究報告書	トヨタ自動車(株), みずほ情報総研(株) 2004/12
J-037	環境省 ETBE 資料	「ETBEについて」 <sup>注)</sup>	環境省 再生可能燃料利用推進会 議(第 3 回) 2003/10

\*平成 12 年度のエネルギー源別標準発熱量の改訂後に用いられている数値を使用する。

以下、個別燃料定数の設定方法について整理する。

注) [http://www.env.go.jp/earth/ondanka/renewable/03/mat\\_03.pdf](http://www.env.go.jp/earth/ondanka/renewable/03/mat_03.pdf)

### 3 - 1 石炭

石炭で対象とする燃料を以下に示す。

コークス用原料炭  
輸入一般炭  
コークス

#### (1) コークス用原料炭

##### 1) 発熱量

高位発熱量 (HHV) は、「H17 環境省検討会報告書」から 2003 年度の発熱量「29.10MJ/kg」を引用した。また、低位発熱量 (LHV) については、「総エネ統計の解説」から引用した換算係数 (LHV と HHV の比) をこれに乗じて算出した。

HHV: 29.1 MJ/kg LHV: 28.4 MJ/kg (= 29.10 × 0.975) LHV/HHV 換算係数: 0.975
---

##### 2) CO<sub>2</sub>排出係数

HHVベースのCO<sub>2</sub>排出係数は、「H17 環境省検討会報告書」から 2003 年度の炭素排出係数「24.51tC/TJ」を引用し、MJあたりのCO<sub>2</sub>排出係数に換算した。LHVベースの排出係数も同様に、これと換算係数から算出した。

HHV ベース: 89.9 g-CO <sub>2</sub> /MJ (= 24.51 × 44.0 ÷ 12.0) LHV ベース: 92.2 g-CO <sub>2</sub> /MJ (= 24.51 × 44.0 ÷ 12.0 ÷ 0.975)
--

#### (2) 輸入一般炭

##### 1) 発熱量

高位発熱量 (HHV) は、「H17 環境省検討会報告書」から 2003 年度の発熱量「26.60MJ/kg」を引用した。また、低位発熱量 (LHV) については、「総エネ統計の解説」から引用した換算係数をこれに乗じて算出した。

HHV: 26.6 MJ/kg LHV: 25.9 MJ/kg (= 26.60 × 0.975) LHV/HHV 換算係数: 0.975
---

## 2) CO<sub>2</sub>排出係数

HHVベースのCO<sub>2</sub>排出係数は、「H17 環境省検討会報告書」から2003年度の炭素排出係数「24.71tC/TJ」を引用し、MJあたりのCO<sub>2</sub>排出係数に換算した。LHVベースの排出係数も同様に、これと換算係数から算出した。

HHV ベース: $90.6 \text{ g-CO}_2/\text{MJ}$ ( $= 24.71 \times 44.0 \div 12.0$ ) LHV ベース: $92.9 \text{ g-CO}_2/\text{MJ}$ ( $= 24.71 \times 44.0 \div 12.0 \div 0.975$ )
---

## (3) コークス

### 1) 発熱量

高位発熱量 (HHV) は、「H17 環境省検討会報告書」から2003年度の発熱量「30.10MJ/kg」を引用した。また、低位発熱量 (LHV) については、「総エネ統計の解説」から引用した換算係数をこれに乗じて算出した。

HHV: $30.1 \text{ MJ/kg}$ LHV: $30.1 \text{ MJ/kg}$ ( $= 30.10 \times 1.000$ ) LHV/HHV 換算係数: 1.000
--

## 2) CO<sub>2</sub>排出係数

HHVベースのCO<sub>2</sub>排出係数は、「H17 環境省検討会報告書」から2003年度の炭素排出係数「29.38tC/TJ」を引用し、MJあたりのCO<sub>2</sub>排出係数に換算した。LHVベースの排出係数も同様に、これと換算係数から算出した。

HHV ベース: $108 \text{ g-CO}_2/\text{MJ}$ ( $= 29.38 \times 44.0 \div 12.0$ ) LHV ベース: $108 \text{ g-CO}_2/\text{MJ}$ ( $= 29.38 \times 44.0 \div 12.0 \div 1.000$ )
---



### 3 - 2 製鉄副生ガス

製鉄副生ガスで対象とする燃料を以下に示す。

コークス炉ガス  
高炉ガス  
転炉ガス

燃料定数の設定に用いるガス組成を表 3-2 に示す。この組成は、日本鉄鋼連盟調査の数値であり、「総エネ統計」で発熱量等の計算に用いられている組成と同じものである。

表 3-2 製鉄副生ガスの組成

	CO	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	
コークス炉ガス	6.9%	2.4%	56.1%	27.6%	2.8%	0.4%	0.2%	3.6%	100%
高炉ガス	24.1%	20.5%	2.7%					52.7%	100%
転炉ガス	64.4%	15.0%	1.8%					18.8%	100%

日本鉄鋼連盟調査

出典：新日本製鐵株式会社提供資料

#### (1) コークス炉ガス

##### 1) 発熱量

発熱量は、新日本製鐵による提供資料から引用した（表 3-3）。コークス炉ガスの組成と各成分の発熱量から算出している。

表 3-3 コークス炉ガスの発熱量

	組成								合計
	CO	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	
コークス炉ガス組成	6.9%	2.4%	56.1%	27.6%	2.8%	0.4%	0.2%	3.6%	
単位発熱量:HHV(kcal/Nm <sup>3</sup> )	3,035	0	3,050	9,520	15,290	16,820	0	0	
組成別発熱量:HHV(kcal/Nm <sup>3</sup> ) <sup>*1</sup>	209	0	1,711	2,628	428	67	0	0	5,043
(MJ/Nm <sup>3</sup> ) <sup>*2</sup>	0.9	0.0	7.2	11.0	1.8	0.3	0.0	0.0	<b>21.1</b>
単位発熱量:LHV(kcal/Nm <sup>3</sup> )	3,035	0	2,570	8,550	14,320	15,380	0	0	
組成別発熱量:LHV(kcal/Nm <sup>3</sup> ) <sup>*1</sup>	209	0	1,442	2,360	401	62	0	0	4,473
(MJ/Nm <sup>3</sup> ) <sup>*2</sup>	0.9	0.0	6.0	9.9	1.7	0.3	0.0	0.0	<b>18.7</b>

\*1：単位発熱量 (kcal/Nm<sup>3</sup>) × 組成 (%)

\*2：4.18680KJ/kcal で換算

出典：新日本製鐵株式会社提供資料

HHV:21.1 MJ/Nm<sup>3</sup>

LHV:18.7 MJ/Nm<sup>3</sup>

LHV/HHV 換算係数:0.886 (= 18.7 ÷ 21.1)

## 2) CO<sub>2</sub>排出係数

CO<sub>2</sub>排出係数は、発熱量と同様、新日本製鐵による提供資料から引用した(表 3-4)。  
 コークス炉ガスの組成と各成分のCO<sub>2</sub>排出量から算出している。

表 3-4 コークス炉ガスのCO<sub>2</sub>排出係数

	組成								合計
	CO	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	
コークス炉ガス組成	6.9%	2.4%	56.1%	27.6%	2.8%	0.4%	0.2%	3.6%	
CO <sub>2</sub> 排出量 (CO <sub>2</sub> -Nm <sup>3</sup> /Nm <sup>3</sup> )	1	1	0	1	2	2	0	0	
組成別CO <sub>2</sub> 排出量 (CO <sub>2</sub> -Nm <sup>3</sup> /Nm <sup>3</sup> ) <sup>*1</sup>	0.069	0.024	0.000	0.276	0.056	0.008	0.000	0.000	0.433
(CO <sub>2</sub> -kg/Nm <sup>3</sup> ) <sup>*2</sup>									0.850
HHV (CO <sub>2</sub> -g/MJ) <sup>*3</sup>									<b>40.3</b>
LHV (CO <sub>2</sub> -g/MJ) <sup>*3</sup>									<b>45.4</b>

\*1：CO<sub>2</sub>排出量 (CO<sub>2</sub>-Nm<sup>3</sup>/Nm<sup>3</sup>) × 組成 (%)

\*2：組成別CO<sub>2</sub>排出量合計 (CO<sub>2</sub>-Nm<sup>3</sup>/Nm<sup>3</sup>) × CO<sub>2</sub>密度 1.964 (kg/Nm<sup>3</sup>)

\*3：組成別CO<sub>2</sub>排出量合計 (CO<sub>2</sub>-kg/Nm<sup>3</sup>) / 発熱量 (MJ/Nm<sup>3</sup>)

出典：新日本製鐵株式会社提供資料

HHV ベース：40.3 g-CO<sub>2</sub>/MJ

LHV ベース：45.4 g-CO<sub>2</sub>/MJ

## 3) 単位換算値

単位換算値は、発熱量と同様、新日本製鐵による提供資料から引用した(表 3-5)。  
 コークス炉ガスの組成と各成分の分子量から算出している。

表 3-5 コークス炉ガスの単位換算値

	組成								合計
	CO	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	
コークス炉ガス組成	6.9%	2.4%	56.1%	27.6%	2.8%	0.4%	0.2%	3.6%	
分子量 (g/mol)	28.010	44.010	2.016	16.043	28.054	30.069	31.999	28.013	
組成別分子量 (g/mol) <sup>*1</sup>	1.933	1.056	1.131	4.428	0.786	0.120	0.064	1.008	
密度 (kg/Nm <sup>3</sup> ) <sup>*2</sup>	0.086	0.047	0.050	0.198	0.035	0.005	0.003	0.045	<b>0.470</b>

\*1：分子量 (g/mol) × 組成 (%)

\*2：組成別分子量を完全気体の体積 (0 , 1atm) 0.0224136 (m<sup>3</sup>/mol) で換算

出典：新日本製鐵株式会社提供資料

単位換算値：0.470 kg/Nm<sup>3</sup>

(2) 高炉ガス

1) 発熱量

発熱量は、新日本製鐵による提供資料から引用した(表 3-6)。高炉ガスの組成と各成分の発熱量から算出している。

表 3-6 高炉ガスの発熱量

	組成								合計
	CO	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	
高炉ガス組成	24.1%	20.5%	2.7%					52.7%	
単位発熱量:HHV(kcal/Nm <sup>3</sup> )	3,035	0	3,050	9,520	15,290	16,820	0	0	
組成別発熱量:HHV(kcal/Nm <sup>3</sup> ) <sup>*1</sup>	731	0	82	0	0	0	0	0	814
(MJ/Nm <sup>3</sup> ) <sup>*2</sup>	3.1	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	<b>3.41</b>
単位発熱量:LHV(kcal/Nm <sup>3</sup> )	3,035	0	2,570	8,550	14,320	15,380	0	0	
組成別発熱量:LHV(kcal/Nm <sup>3</sup> ) <sup>*1</sup>	731	0	69	0	0	0	0	0	801
(MJ/Nm <sup>3</sup> ) <sup>*2</sup>	3.1	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	<b>3.35</b>

\*1: 単位発熱量(kcal/Nm<sup>3</sup>) × 組成(%)

\*2: 4.18680KJ/kcal で換算

出典: 新日本製鐵株式会社提供資料

HHV:3.41 MJ/Nm<sup>3</sup>  
 LHV:3.35 MJ/Nm<sup>3</sup>  
 LHV/HHV 換算係数:0.982 (= 3.35 ÷ 3.41)

2) CO<sub>2</sub>排出係数

CO<sub>2</sub>排出係数は、発熱量と同様、新日本製鐵による提供資料から引用した(表 3-7)。ここでは、高炉ガスの組成と各成分のCO<sub>2</sub>排出量から算出している。

表 3-7 高炉ガスのCO<sub>2</sub>排出係数

	組成								合計
	CO	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	
高炉ガス組成	24.1%	20.5%	2.7%					52.7%	
CO <sub>2</sub> 排出量(CO <sub>2</sub> -Nm <sup>3</sup> /Nm <sup>3</sup> )	1	1	0	1	2	2	0	0	
組成別CO <sub>2</sub> 排出量(CO <sub>2</sub> -Nm <sup>3</sup> /Nm <sup>3</sup> ) <sup>*1</sup>	0.241	0.205	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.446
(CO <sub>2</sub> -kg/Nm <sup>3</sup> ) <sup>*2</sup>									0.876
HHV (CO <sub>2</sub> -g/MJ) <sup>*3</sup>									<b>257</b>
LHV (CO <sub>2</sub> -g/MJ) <sup>*3</sup>									<b>261</b>

\*1: CO<sub>2</sub>排出量(CO<sub>2</sub>-Nm<sup>3</sup>/Nm<sup>3</sup>) × 組成(%)

\*2: 組成別CO<sub>2</sub>排出量合計(CO<sub>2</sub>-Nm<sup>3</sup>/Nm<sup>3</sup>) × CO<sub>2</sub>密度 1.964(kg/Nm<sup>3</sup>)

\*3: 組成別CO<sub>2</sub>排出量合計(CO<sub>2</sub>-kg/Nm<sup>3</sup>) / 発熱量(MJ/Nm<sup>3</sup>)

出典: 新日本製鐵株式会社提供資料

HHV ベース:257 g-CO<sub>2</sub>/MJ  
 LHV ベース:261 g-CO<sub>2</sub>/MJ

### 3) 単位換算値

単位換算値は、発熱量と同様、新日本製鐵による提供資料から引用した(表 3-8)。  
高炉ガスの組成と各成分の分子量から算出している。

表 3-8 高炉ガスの単位換算値

	組成								合計
	CO	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	
高炉ガス組成	24.1%	20.5%	2.7%					52.7%	
分子量(g/mol)	28.010	44.010	2.016	16.043	28.054	30.069	31.999	28.013	
組成別分子量(g/mol) <sup>*1</sup>	6.750	9.022	0.054	0.000	0.000	0.000	0.000	14.763	
密度(kg/Nm <sup>3</sup> ) <sup>*2</sup>	0.301	0.403	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.659	<b>1.37</b>

\*1：分子量(g/mol) × 組成(%)

\*2：組成別分子量を完全気体の体積(0, 1atm) 0.0224136 (m<sup>3</sup>/mol) で換算

出典：新日本製鐵株式会社提供資料

単位換算値: 1.37 kg/Nm<sup>3</sup>

### (3) 転炉ガス

#### 1) 発熱量

発熱量は、新日本製鐵による提供資料から引用した(表 3-9)。転炉ガスの組成と各成分の発熱量から算出している。

表 3-9 転炉ガスの発熱量

	組成								合計
	CO	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	
転炉ガス組成	64.4%	15.0%	1.8%					18.8%	
単位発熱量:HHV(kcal/Nm <sup>3</sup> )	3,035	0	3,050	9,520	15,290	16,820	0	0	
組成別発熱量:HHV(kcal/Nm <sup>3</sup> ) <sup>*1</sup>	1,955	0	55	0	0	0	0	0	2,009
(MJ/Nm <sup>3</sup> ) <sup>*2</sup>	8.2	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	<b>8.41</b>
単位発熱量:LHV(kcal/Nm <sup>3</sup> )	3,035	0	2,570	8,550	14,320	15,380	0	0	
組成別発熱量:LHV(kcal/Nm <sup>3</sup> ) <sup>*1</sup>	1,955	0	46	0	0	0	0	0	2,001
(MJ/Nm <sup>3</sup> ) <sup>*2</sup>	8.2	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	<b>8.38</b>

\*1：単位発熱量(kcal/Nm<sup>3</sup>) × 組成(%)

\*2：4.18680KJ/kcal で換算

出典：新日本製鐵株式会社提供資料

HHV: 8.41 MJ/Nm<sup>3</sup>

LHV: 8.38 MJ/Nm<sup>3</sup>

LHV/HHV 換算係数: 0.996 (= 8.38 ÷ 8.41)

## 2) CO<sub>2</sub>排出係数

CO<sub>2</sub>排出係数は、発熱量と同様、新日本製鐵による提供資料から引用した(表 3-10)。転炉ガスの組成と各成分のCO<sub>2</sub>排出量から算出している。

表 3-10 転炉ガスのCO<sub>2</sub>排出係数

	組成								合計
	CO	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	
転炉ガス組成	64.4%	15.0%	1.8%					18.8%	
CO <sub>2</sub> 排出量 (CO <sub>2</sub> -Nm <sup>3</sup> /Nm <sup>3</sup> )	1	1	0	1	2	2	0	0	
組成別CO <sub>2</sub> 排出量 (CO <sub>2</sub> -Nm <sup>3</sup> /Nm <sup>3</sup> ) <sup>*1</sup>	0.644	0.150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.794
(CO <sub>2</sub> -kg/Nm <sup>3</sup> ) <sup>*2</sup>									1.559
HHV (CO <sub>2</sub> -g/MJ) <sup>*3</sup>									185
LHV (CO <sub>2</sub> -g/MJ) <sup>*3</sup>									186

\*1：CO<sub>2</sub>排出量 (CO<sub>2</sub>-Nm<sup>3</sup>/Nm<sup>3</sup>) × 組成 (%)

\*2：組成別CO<sub>2</sub>排出量合計 (CO<sub>2</sub>-Nm<sup>3</sup>/Nm<sup>3</sup>) × CO<sub>2</sub>密度 1.964 (kg/Nm<sup>3</sup>)

\*3：組成別CO<sub>2</sub>排出量合計 (CO<sub>2</sub>-kg/Nm<sup>3</sup>) / 発熱量 (MJ/Nm<sup>3</sup>)

出典：新日本製鐵株式会社提供資料

HHV ベース：185 g-CO<sub>2</sub>/MJ

LHV ベース：186 g-CO<sub>2</sub>/MJ

## 3) 単位換算値

単位換算値は、発熱量と同様、新日本製鐵による提供資料から引用した(表 3-11)。転炉ガスの組成と各成分の分子量から算出している。

表 3-11 転炉ガスの単位換算値

	組成								合計
	CO	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	
転炉ガス組成	64.4%	15.0%	1.8%					18.8%	
分子量 (g/mol)	28.010	44.010	2.016	16.043	28.054	30.069	31.999	28.013	
組成別分子量 (g/mol) <sup>*1</sup>	18.038	6.602	0.036	0.000	0.000	0.000	0.000	5.266	
密度 (kg/Nm <sup>3</sup> ) <sup>*2</sup>	0.805	0.295	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.235	1.34

\*1：分子量 (g/mol) × 組成 (%)

\*2：組成別分子量を完全気体の体積 (0 , 1atm) 0.0224136 (m<sup>3</sup>/mol) で換算

出典：新日本製鐵株式会社提供資料

単位換算値：1.34 kg/Nm<sup>3</sup>

### 3 - 3 石油

石油で対象とする燃料を以下に示す。

原油  
ナフサ  
ガソリン  
灯油  
軽油  
A 重油  
B 重油  
C 重油  
重油(平均)

#### (1) 原油

##### 1) 発熱量

高位発熱量 (HHV) は, 「H17 環境省検討会報告書」から 2003 年度の発熱量「38.12MJ/l」を引用した。また, 低位発熱量 (LHV) については, 同文献から引用した換算係数をこれに乗じて算出した。

HHV:38.1 MJ/l
LHV:36.2 MJ/l (= 38.12 × 0.950)
LHV/HHV 換算係数:0.950

##### 2) CO<sub>2</sub>排出係数

HHVベースのCO<sub>2</sub>排出係数は, 「H17 環境省検討会報告書」から 2003 年度の炭素排出係数「18.66tC/TJ」を引用し, MJあたりのCO<sub>2</sub>排出係数に換算した。LHVベースの排出係数も同様に, これと換算係数から算出した。

HHV ベース:68.4 g-CO <sub>2</sub> /MJ (= 18.66 × 44.0 ÷ 12.0)
LHV ベース:72.0 g-CO <sub>2</sub> /MJ (= 18.66 × 44.0 ÷ 12.0 ÷ 0.950)

##### 3) 単位換算値

石油燃料の単位換算値 (液密度) については, 「総エネ統計の解説」のものを用いたかったのだが, 原油に関する記載がなかったので, 「H14 環境省検討会報告書」のサンプルデータ (表 3-12) を単純平均した値を用いることとした。

表 3-1 2 原油のサンプルデータ

産油国 (原油名)	炭素分 (%)	水素分 (%)	窒素分 (%)	硫黄分 (%)	発熱量 (MJ/l)	密度 (kg/l)	排出係数 (gCO <sub>2</sub> /MJ)
A国(銘柄a)	85.7	13.5	0.0	0.8	37.8	0.829	69.0
A国(銘柄b)	85.0	13.2	0.0	1.8	38.1	0.853	69.8
A国(銘柄c)	84.9	14.0	0.0	1.1	37.8	0.826	68.0
B国(銘柄d)	84.7	13.4	0.0	1.8	38.5	0.860	69.4
B国(銘柄e)	85.1	13.7	0.0	1.2	37.7	0.832	68.8
B国(銘柄f)	84.4	12.9	0.0	2.8	39.4	0.888	69.8
C国(銘柄g)	85.2	12.9	0.1	1.8	39.2	0.875	69.7
C国(銘柄h)	85.8	12.7	0.1	1.4	38.5	0.856	69.9
D国(銘柄i)	83.1	14.4	0.0	2.5	38.1	0.873	69.8
E国(銘柄j)	83.8	14.4	0.0	1.8	38.4	0.855	68.3
F国(銘柄k)	84.1	14.8	0.0	1.1	38.4	0.843	67.8
G国(銘柄l)	83.8	14.2	0.1	1.9	38.8	0.862	68.2
G国(銘柄m)	83.9	13.1	0.1	2.8	39.3	0.885	69.4
H国(銘柄n)	85.2	14.7	0.0	0.1	38.8	0.849	68.3
I国(銘柄o)	86.1	13.8	0.0	0.0	37.4	0.822	69.3
単純平均値	84.7	13.7	0.0	1.5	38.4	0.854	69.0
加重平均値	-	-	-	-	-	-	69.1

\*1 密度の温度条件は 15

\*2 発熱量, 排出係数は HHV

\*3 密度は石油連盟提供値, それ以外は実測値

\*4 単純平均値は独自に算出

出典: H14 環境省検討会報告書

単位換算値: 0.854 kg/l

(2) ナフサ

1) 発熱量

高位発熱量 (HHV) は、「H17 環境省検討会報告書」から 2003 年度の発熱量「33.56MJ/l」を引用した。また、低位発熱量 (LHV) については、同文献から引用した換算係数をこれに乗じて算出した。

HHV:33.6 MJ/l
LHV:31.9 MJ/l (= 33.56 × 0.950)
LHV/HHV 換算係数:0.950

2) CO<sub>2</sub>排出係数

HHVベースのCO<sub>2</sub>排出係数は、「H17 環境省検討会報告書」から 2003 年度の炭素排出係数「18.17tC/TJ」を引用し、MJあたりのCO<sub>2</sub>排出係数に換算した。LHVベースの排出係数も同様に、これと換算係数から算出した。

HHV ベース:66.6 g-CO <sub>2</sub> /MJ (= 18.17 × 44.0 ÷ 12.0)
LHV ベース:70.1 g-CO <sub>2</sub> /MJ (= 18.17 × 44.0 ÷ 12.0 ÷ 0.950)

3) 単位換算値

石油燃料の単位換算値 (液密度) については、「総エネ統計の解説」のものを用いたかったのだが、ナフサに関する記載がなかったので、「H14 環境省検討会報告書」のサンプルデータ (表 3-13) を単純平均した値を用いることとした。

表 3-13 ナフサのサンプルデータ

サンプル	炭素割合 (%)	発熱量 (MJ/l)	密度 (kg/l)	排出係数 (gCO <sub>2</sub> /MJ)
1	84.2	34.4	0.730	65.5
2	84.3	34.1	0.719	65.2
3	84.2	34.2	0.720	65.0
単純平均値	84.2	34.2	0.723	65.2

\*1 発熱量, 排出係数は HHV

\*2 電気事業連合会提供資料

\*3 排出係数以外の単純平均値は独自に算出した数値

出典: H14 環境省検討会報告書

単位換算値:0.723 kg/l
------------------



### (3) ガソリン

#### 1) 発熱量

高位発熱量（HHV）は、「H17 環境省検討会報告書」から 2003 年度の発熱量「34.60MJ/l」を引用した。また、低位発熱量（LHV）については、同文献から引用した換算係数をこれに乗じて算出した。

HHV:34.6 MJ/l
LHV:32.9 MJ/l (= 34.60 × 0.950)
LHV/HHV 換算係数:0.950

#### 2) CO<sub>2</sub>排出係数

HHVベースのCO<sub>2</sub>排出係数は、「H17 環境省検討会報告書」から 2003 年度の炭素排出係数「18.29tC/TJ」を引用し、MJあたりのCO<sub>2</sub>排出係数に換算した。LHVベースの排出係数も同様に、これと換算係数から算出した。

HHV ベース:67.1 g-CO <sub>2</sub> /MJ (= 18.29 × 44.0 ÷ 12.0)
LHV ベース:70.6 g-CO <sub>2</sub> /MJ (= 18.29 × 44.0 ÷ 12.0 ÷ 0.950)

#### 3) 単位換算値

単位換算値（液密度）は、「総エネ統計の解説」の値を用いて算出した。1998 年度に石油連盟・日本自動車工業会が実測したプレミアム、レギュラー別のガソリン密度の実測値(表 3-14)、および 1997 年度の国内ガソリン生産量の割合(レギュラー78.8%、プレミアム 21.0%、その他 0.2%)より、その他を除いたレギュラーとプレミアムの加重平均を用いることとした。

表 3-14 ガソリン密度の実測値

		15 での密度(g/cm <sup>3</sup> )		
		最大	最小	平均
レギュラーガソリン	冬季	0.7437	0.7110	0.7242
	夏期	0.7512	0.7245	0.7350
プレミアムガソリン	冬季	0.7619	0.7282	0.7433
	夏期	0.7697	0.7372	0.7501
加重平均値				0.733

\* 加重平均のみ独自に計算

出典：総合エネルギー統計の解説

単位換算値:0.733 kg/l
------------------

(4) 灯油

1) 発熱量

高位発熱量（HHV）は、「H17 環境省検討会報告書」から 2003 年度の発熱量「36.75MJ/l」を引用した。また、低位発熱量（LHV）については、同文献から引用した換算係数をこれに乗じて算出した。

HHV:36.8 MJ/l
LHV:35.0 MJ/l (= 36.75 × 0.950)
LHV/HHV 換算係数:0.950

2) CO<sub>2</sub>排出係数

HHVベースのCO<sub>2</sub>排出係数は、「H17 環境省検討会報告書」から 2003 年度の炭素排出係数「18.51tC/TJ」を引用し、MJあたりのCO<sub>2</sub>排出係数に換算した。LHVベースの排出係数も同様に、これと換算係数から算出した。

HHV ベース:67.9 g-CO <sub>2</sub> /MJ (= 18.51 × 44.0 ÷ 12.0)
LHV ベース:71.4 g-CO <sub>2</sub> /MJ (= 18.51 × 44.0 ÷ 12.0 ÷ 0.950)

3) 単位換算値

単位換算値（液密度）は、「総エネ統計の解説」に記載されている、石油連盟が 1996 年に実測した灯油密度を引用し、この単純平均より算出した。（表 3-15）

表 3-15 灯油密度の実測値

		15 での密度(g/cm <sup>3</sup> )		
		最大	最小	平均
灯油	上期	0.8066	0.7848	0.7915
	下期	0.8067	0.7851	0.7919
単純平均値				<b>0.792</b>

\* 単純平均のみ独自に計算  
出典：総合エネルギー統計の解説

単位換算値:0.792kg/l
-----------------

(5) 軽油

1) 発熱量

高位発熱量（HHV）は、「H17 環境省検討会報告書」から 2003 年度の発熱量「38.00MJ/l」を引用した。また、低位発熱量（LHV）については、同文献から引用した換算係数をこれに乗じて算出した。

HHV:38.0 MJ/l
LHV:36.1 MJ/l (= 38.00 × 0.950)
LHV/HHV 換算係数:0.950

2) CO<sub>2</sub>排出係数

HHVベースのCO<sub>2</sub>排出係数は、「H17 環境省検討会報告書」から 2003 年度の炭素排出係数「18.73tC/TJ」を引用し、MJあたりのCO<sub>2</sub>排出係数に換算した。LHVベースの排出係数も同様に、これと換算係数から算出した。

HHV ベース:68.7 g-CO <sub>2</sub> /MJ (= 18.73 × 44.0 ÷ 12.0)
LHV ベース:72.3 g-CO <sub>2</sub> /MJ (= 18.73 × 44.0 ÷ 12.0 ÷ 0.950)

3) 単位換算値

単位換算値（液密度）は、「総工ネ統計の解説」に記載されている、石油連盟・日本自動車工業会が 1998 年度に実測した軽油密度を引用し、この単純平均より算出した。（表 3-16）

表 3-16 軽油密度の実測値

		15 での密度(g/cm <sup>3</sup> )		
		最大	最小	平均
軽油	冬季	0.8500	0.8156	0.8343
	夏期	0.8460	0.8211	0.8318
単純平均値				<b>0.833</b>

\* 単純平均のみ独自に計算  
出典：総合エネルギー統計の解説

単位換算値:0.833 kg/l
------------------

(6) A 重油

1) 発熱量

高位発熱量 (HHV) は, 「H17 環境省検討会報告書」から 2003 年度の発熱量「39.15MJ/l」を引用した。また, 低位発熱量 (LHV) については, 「総エネ統計の解説」から引用した換算係数をこれに乗じて算出した。

HHV:39.2 MJ/l LHV:37.2 MJ/l (= 39.15 × 0.950) LHV/HHV 換算係数:0.950
--

2) CO<sub>2</sub>排出係数

HHVベースのCO<sub>2</sub>排出係数は, 「H17 環境省検討会報告書」から 2003 年度の炭素排出係数「18.90tC/TJ」を引用し, MJあたりのCO<sub>2</sub>排出係数に換算した。LHVベースの排出係数も同様に, これと換算係数から算出した。

HHV ベース:69.3 g-CO <sub>2</sub> /MJ (= 18.90 × 44.0 ÷ 12.0) LHV ベース:72.9 g-CO <sub>2</sub> /MJ (= 18.90 × 44.0 ÷ 12.0 ÷ 0.950)
--

3) 単位換算値

単位換算値 (液密度) は, 「総エネ統計の解説」から引用した。1992 ~ 1996 年度に石油連盟が実測した密度の総平均値である。

単位換算値:0.860 kg/l
------------------

(7) C 重油

1) 発熱量

高位発熱量 (HHV) は, 「H17 環境省検討会報告書」から 2003 年度の発熱量「41.99MJ/l」を引用した。また, 低位発熱量 (LHV) については, 「総エネ統計の解説」から引用した換算係数をこれに乗じて算出した。

HHV:42.0 MJ/l LHV:40.9 MJ/l (= 41.99 × 0.975) LHV/HHV 換算係数:0.975
--

2) CO<sub>2</sub>排出係数

HHVベースのCO<sub>2</sub>排出係数は, 「H17 環境省検討会報告書」から 2003 年度の炭素

排出係数「19.54tC/TJ」を引用し、MJあたりのCO<sub>2</sub>排出係数に換算した。LHVベースの排出係数も同様に、これと換算係数から算出した。

HHV ベース: 71.6 g-CO <sub>2</sub> /MJ (= 19.54 × 44.0 ÷ 12.0) LHV ベース: 73.5 g-CO <sub>2</sub> /MJ (= 19.54 × 44.0 ÷ 12.0 ÷ 0.975)
--

### 3) 単位換算値

単位換算値（液密度）は、「総エネ統計の解説」から引用した。1992～1996年度に石油連盟が実測した一般用C重油の密度の総平均値である。

単位換算値: 0.940 kg/l
-------------------

## (8) B重油

### 1) 発熱量

高位発熱量（HHV）は、「H17 環境省検討会報告書」から2003年度の発熱量「40.40MJ/l」を引用した。また、低位発熱量（LHV）については、「総エネ統計の解説」から引用した換算係数をこれに乗じて算出した。

HHV: 40.4 MJ/l LHV: 39.4 MJ/l (= 40.40 × 0.975) LHV/HHV 換算係数: 0.975
---

### 2) CO<sub>2</sub>排出係数

HHVベースのCO<sub>2</sub>排出係数は、「H17 環境省検討会報告書」から2003年度の炭素排出係数「19.22tC/TJ」を引用し、MJあたりのCO<sub>2</sub>排出係数に換算した。LHVベースの排出係数も同様に、これと換算係数から算出した。

HHV ベース: 70.5 g-CO <sub>2</sub> /MJ (= 19.22 × 44.0 ÷ 12.0) LHV ベース: 72.3 g-CO <sub>2</sub> /MJ (= 19.22 × 44.0 ÷ 12.0 ÷ 0.975)
--

### 3) 単位換算値

単位換算値（液密度）については、A重油とC重油の単純平均値とした。

単位換算値: 0.900 kg/l (= (0.860 + 0.940) ÷ 2)
---

(9) 重油(平均)

重油平均の各燃料定数は、各重油の国内販売量(平成16年実績)(表3-17)を用いて加重平均して算出した。2001年度以降、エネルギー生産・需給統計ではB重油を「B・C重油」として統合が行われており、またB重油の販売量は他に比べてごく少量である<sup>注)</sup>ことから、A重油とC重油の加重平均として計算をした。

表 3-17 重油の販売量

A重油	29,189,483 kl
B・C重油	27,118,059 kl

出典：経済産業省「資源・エネルギー統計」

各燃料定数の算出結果を以下に示す。

1) 発熱量

HHV:40.5 MJ/l  
LHV:39.0 MJ/l  
LHV/HHV 換算係数:0.962

2) CO<sub>2</sub>排出係数

HHV ベース:70.4 g-CO<sub>2</sub>/MJ  
LHV ベース:73.2 g-CO<sub>2</sub>/MJ

3) 単位換算値

単位換算値:0.899 kg/l

<sup>注)</sup>平成15年石油資料(平成15年10月)によると、平成13年の国内販売量は、A重油(29,629,704kl)、B重油(28,565kl)、C重油(28,925,061kl)である。

### 3 - 4 液化石油ガス(LPG)

液化石油ガス(LPG)で対象とする燃料を以下に示す。民生用LPGはプロパンガス、タクシーなどの自動車用LPGはブタン・プロパン混合ガスである。

プロパンガス(民生用)

ブタン・プロパン混合ガス(自動車用)

LPGの燃料組成を表3-18に示す。自動車用に用いられるブタン・プロパン混合ガスは、「LPガスの標準仕様と物性値」よりプロパンとブタンを24%：76%で混合したものである。

表 3-18 LPGの燃料組成

	混合率 (wt%)	組成mol%					計
		C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	i-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	n-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	
プロパン組成	24.0%	1.0%	98.1%	0.7%	0.2%	0.0%	100.0%
ブタン組成	76.0%	0.0%	1.5%	28.9%	69.0%	0.6%	100.0%
混合組成	100.0%	0.2%	24.7%	22.1%	52.5%	0.5%	100.0%

出典：LPガス協会提供資料「自動車用LPガス燃料に関する標準仕様とその物性値の算出」

#### (1) プロパンガス

##### 1) 発熱量

発熱量は、「LPガスの標準仕様と物性値」の商業用プロパンガスの組成をもとに、各成分の発熱量から算出した(表3-19)。

表 3-19 プロパンガスの発熱量

	組成					計
	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	i-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	n-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	
プロパン組成	1.0%	98.1%	0.7%	0.2%	0.0%	100.0%
単位発熱量:HHV(MJ/mol)	1.56064	2.22118	2.87012	2.87850	3.53788	
組成別発熱量:HHV(MJ/mol) <sup>*1</sup>	0.01561	2.17898	0.02009	0.00576	0.00000	2.22043
単位発熱量:LHV(MJ/mol)	1.42853	2.04501	2.64998	2.65835	3.27370	
組成別発熱量:LHV(MJ/mol) <sup>*1</sup>	0.01429	2.00615	0.01855	0.00532	0.00000	2.04431
分子量(g/mol)	30.069	44.096	58.123	58.123	72.150	
組成別分子量(g/mol) <sup>*2</sup>	0.301	43.258	0.407	0.116	0.000	44.082
発熱量:HHV(MJ/kg) <sup>*3</sup>						50.4
発熱量:LHV(MJ/kg) <sup>*3</sup>						46.4

\*1：単位発熱量(MJ/mol)×組成(%)

\*2：分子量(g/mol)×組成(%)

\*3：組成別発熱量合計(MJ/mol)÷組成別分子量合計(g/mol)×1,000

\*4：プロパンガスの組成は「自動車用LPガス燃料に関する標準仕様とその物性値の算出」より引用

HHV: 50.4 MJ/kg  
 LHV: 46.4 MJ/kg  
 LHV/HHV 換算係数: 0.921 (= 46.4 ÷ 50.4)

## 2) CO<sub>2</sub>排出係数

CO<sub>2</sub>排出係数は、「LPガスの標準仕様と物性値」の商業用プロパンガスの組成と、各成分の水素・炭素原子数から算出した（表 3-20）。

表 3-20 プロパンガスのCO<sub>2</sub>排出係数

	組成					計
	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	i-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	n-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	
プロパン組成	1.0%	98.1%	0.7%	0.2%	0.0%	100.0%
分子当たり炭素原子数	2	3	4	4	5	
組成別分子当たり炭素原子数 <sup>*1</sup>	0.020	2.943	0.028	0.008	0.000	2.999
分子当たり水素原子数	6	8	10	10	12	
組成別分子当たり水素原子数 <sup>*1</sup>	0.060	7.848	0.070	0.020	0.000	7.998
水素 / 炭素原子数比 <sup>*2</sup>						<b>2.667</b>
CO <sub>2</sub> 排出量 (CO <sub>2</sub> -g/g) <sup>*3</sup>						<b>3.000</b>
CO <sub>2</sub> 排出係数 (CO <sub>2</sub> -g/MJ) <sup>*4</sup> HHV						<b>59.5</b>
CO <sub>2</sub> 排出係数 (CO <sub>2</sub> -g/MJ) <sup>*4</sup> LHV						<b>64.7</b>

\*1: 分子当たり原子数 × 組成 (%)

\*2: 分子当たり水素原子数 / 分子当たり炭素原子数

\*3:  $44[\text{CO}_2] / (12[\text{C}] + 2.667[\text{H}/\text{C}])$

\*4: CO<sub>2</sub>排出量 (CO<sub>2</sub>-g/g) / 発熱量 (MJ/g)

\*5: プロパンガスの組成は「自動車用 LP ガス燃料に関する標準仕様とその物性値の算出」より引用

HHV ベース: 59.5 g-CO<sub>2</sub>/MJ

LHV ベース: 64.7 g-CO<sub>2</sub>/MJ

## 3) 単位換算値

単位換算値は、「LPガスの標準仕様と物性値」の商業用プロパンガスの組成と、各成分の分子量から算出した（表 3-21）。

表 3-21 プロパンガスの単位換算値

	組成					計
	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	i-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	n-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	
プロパン組成	1.0%	98.1%	0.7%	0.2%	0.0%	100.0%
分子量 (g/mol)	30.069	44.096	58.123	58.123	72.150	
組成別分子量 (g/mol) <sup>*1</sup>	0.301	43.258	0.407	0.116	0.000	44.082
分子量 (ml/mol)	83.990	86.870	103.180	99.410	114.370	
組成別分子量 (ml/mol) <sup>*1</sup>	0.840	85.219	0.722	0.199	0.000	86.980
単位換算値 (kg/l) <sup>*2</sup>						<b>0.507</b>

\*1: 分子量 (g/mol or ml/mol) × 組成 (%)

\*2: 組成別分子量合計 (g/mol) / 組成別分子量合計 (ml/mol)

\*3: プロパンガスの組成は「自動車用 LP ガス燃料に関する標準仕様とその物性値の算出」より引用



単位換算値:0.507 kg/l

(2) ブタン・プロパン混合ガス

1) 発熱量

発熱量は、「LP ガスの標準仕様と物性値」から引用した(表 3-22)。ブタン・プロパン混合ガスの組成と各成分の発熱量から算出している。

表 3-22 ブタン・プロパン混合ガスの発熱量

	組成					計
	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	i-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	n-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	
ブタン・プロパン混合組成	0.2%	24.7%	22.1%	52.5%	0.5%	100.0%
単位発熱量:HHV(MJ/mol)	1.56064	2.22118	2.87012	2.87850	3.53788	
組成別発熱量:HHV(MJ/mol) <sup>*1</sup>	0.00312	0.54863	0.63430	1.51121	0.01769	2.71495
単位発熱量:LHV(MJ/mol)	1.42853	2.04501	2.64998	2.65835	3.27370	
組成別発熱量:LHV(MJ/mol) <sup>*1</sup>	0.00286	0.50512	0.58565	1.39563	0.01637	2.50562
分子量(g/mol)	30.069	44.096	58.123	58.123	72.150	
組成別分子量(g/mol) <sup>*2</sup>	0.060	10.892	12.845	30.515	0.361	54.672
発熱量:HHV(MJ/kg) <sup>*3</sup>						49.7
発熱量:LHV(MJ/kg) <sup>*3</sup>						45.8

\*1: 単位発熱量 (MJ/mol) × 組成 (%)

\*2: 分子量 (g/mol) × 組成 (%)

\*3: 組成別発熱量合計 (MJ/mol) / 組成別分子量合計 (g/mol) × 1,000

出典: LP ガス協会提供資料「自動車用 LP ガス燃料に関する標準仕様とその物性値の算出」

HHV:49.7 MJ/kg

LHV:45.8 MJ/kg

LHV/HHV 換算係数:0.922 (= 45.8 ÷ 49.7)

2) CO<sub>2</sub>排出係数

CO<sub>2</sub>排出係数は、「LPガスの標準仕様と物性値」のブタン・プロパン混合ガスの組成と、各成分の水素・炭素原子数から算出した(表 3-23)。

表 3-23 ブタン・プロパン混合ガスのCO<sub>2</sub>排出係数

	組成					
	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	i-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	n-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	計
ブタン・プロパン混合組成	0.2%	24.7%	22.1%	52.5%	0.5%	100.0%
分子当たり炭素原子数	2	3	4	4	5	
組成別分子当たり炭素原子数 <sup>*1</sup>	0.004	0.741	0.884	2.100	0.025	3.754
分子当たり水素原子数	6	8	10	10	12	
組成別分子当たり水素原子数 <sup>*1</sup>	0.012	1.976	2.210	5.250	0.060	9.508
水素 / 炭素原子数比 <sup>*2</sup>						<b>2.533</b>
CO <sub>2</sub> 排出量 (CO <sub>2</sub> -g/g) <sup>*3</sup>						<b>3.028</b>
CO <sub>2</sub> 排出係数 (CO <sub>2</sub> -g/MJ) <sup>*4</sup> HHV						<b>60.9</b>
CO <sub>2</sub> 排出係数 (CO <sub>2</sub> -g/MJ) <sup>*4</sup> LHV						<b>66.1</b>

\*1：分子当たり原子数 × 組成 (%)

\*2：分子当たり水素原子数 / 分子当たり炭素原子数

\*3：44[CO<sub>2</sub>] / (12[C] + 2.667[H/C])

\*4：CO<sub>2</sub>排出量 (CO<sub>2</sub>-g/g) / 発熱量 (MJ/g)

\*5：ブタン・プロパン混合ガスの組成は「自動車用 LP ガス燃料に関する標準仕様とその物性値の算出」より引用

HHV ベース：60.9 g-CO<sub>2</sub>/MJ

LHV ベース：66.1 g-CO<sub>2</sub>/MJ

### 3) 単位換算値

単位換算値は、「LP ガスの標準仕様と物性値」から引用した(表 3-24)。ブタン・プロパン混合ガスの組成と各成分の分子量から算出している。

表 3-24 ブタン・プロパン混合ガスの単位換算値

	組成					
	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	i-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	n-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	計
ブタン・プロパン混合組成	0.2%	24.7%	22.1%	52.5%	0.5%	100.0%
分子量 (g/mol)	30.069	44.096	58.123	58.123	72.150	
組成別分子量 (g/mol) <sup>*1</sup>	0.060	10.892	12.845	30.515	0.361	54.672
分子量 (ml/mol)	83.990	86.870	103.180	99.410	114.370	
組成別分子量 (ml/mol) <sup>*1</sup>	0.168	21.457	22.803	52.190	0.572	97.190
単位換算値 (kg/l) <sup>*2</sup>						<b>0.563</b>

\*1：分子量 (g/mol or ml/mol) × 組成 (%)

\*2：組成別分子量合計 (g/mol) / 組成別分子量合計 (ml/mol)

出典：LP ガス協会提供資料「自動車用 LP ガス燃料に関する標準仕様とその物性値の算出」

単位換算値：0.563 kg/l

### 3 - 5 天然ガス

天然ガスで対象とする燃料を以下に示す。

輸入液化天然ガス(LNG):液体

国産天然ガス:気体

#### (1) 輸入液化天然ガス(LNG)

##### 1) 発熱量

高位発熱量 (HHV) は, 「H17 環境省検討会報告書」から 2003 年度の発熱量「54.57MJ/kg」を引用した。また, 低位発熱量 (LHV) については, 「総エネ統計の解説」から引用した換算係数をこれに乗じて算出した。

HHV:54.6 MJ/kg

LHV:49.1 MJ/kg (= 54.57 × 0.900)

LHV/HHV 換算係数:0.900

##### 2) CO<sub>2</sub>排出係数

HHVベースのCO<sub>2</sub>排出係数は, 「H17 環境省検討会報告書」から 2003 年度の炭素排出係数「13.47tC/TJ」を引用し, MJあたりのCO<sub>2</sub>排出係数に換算した。LHVベースの排出係数も同様に, これと換算係数から算出した。

HHV ベース:49.4 g-CO<sub>2</sub>/MJ (= 13.47 × 44.0 ÷ 12.0)

LHV ベース:54.9 g-CO<sub>2</sub>/MJ (= 13.47 × 44.0 ÷ 12.0 ÷ 0.900)

(2) 国産天然ガス

1) 発熱量

高位発熱量 (HHV) は, 「H17 環境省検討会報告書」から 2003 年度の発熱量「42.91MJ/Nm<sup>3</sup>」を引用した。また, 低位発熱量 (LHV) については, 同文献から引用した換算係数をこれに乗じて算出した。

HHV: 42.9 MJ/Nm <sup>3</sup> LHV: 38.6 MJ/Nm <sup>3</sup> (= 42.91 × 0.900) LHV/HHV 換算係数: 0.900
---

2) CO<sub>2</sub>排出係数

HHVベースのCO<sub>2</sub>排出係数は, 「H17 環境省検討会報告書」から 2003 年度の炭素排出係数「13.90tC/TJ」を引用し, MJあたりのCO<sub>2</sub>排出係数に換算した。LHVベースの排出係数も同様に, これと換算係数から算出した。

HHV ベース: 51.0 g-CO <sub>2</sub> /MJ (= 13.90 × 44.0 ÷ 12.0) LHV ベース: 56.6 g-CO <sub>2</sub> /MJ (= 13.90 × 44.0 ÷ 12.0 ÷ 0.900)
--

### 3 - 6 都市ガス

都市ガスはカロリーによって種類が多岐にわたって分類されているが、販売量の90%以上が13Aとなっている(表3-25)。13A以外はシェアが少なく、データの取得も困難なため、都市ガスで対象とする燃料は13Aとする。

表 3-25 国内ガス販売量(平成14年度)

種類		販売量(TJ)	構成比
L3	4A	24	0.00%
	AB	872	0.08%
	AC	2,105	0.18%
	計	3,001	0.26%
L2	5AN	559	0.05%
	5A	3,628	0.32%
	5B	3,265	0.28%
	計	7,452	0.65%
	5C	9,446	0.82%
	6A	6,761	0.59%
L1	6B	6,975	0.61%
	6C	14,801	1.29%
	7C	3,105	0.27%
	計	24,881	2.17%
12A	12A	35,705	3.11%
	13A	1,053,297	91.72%
13A	PA13A	7,200	0.63%
	計	1,096,202	95.46%
	その他	36	0.00%
	LPG直接	613	0.05%
	合計	1,148,392	100.00%

出典：日本ガス協会提供資料

#### 1) 発熱量

13Aの高位発熱量(HHV)は、一般に11,000kcal/Nm<sup>3</sup>と設定されている。したがって、この発熱量を国際蒸気表カロリー(4.18680×10<sup>-3</sup> MJ/kcal)で換算した。また、「総エネ統計の解説」から引用した都市ガスの換算係数をこれに乗じて低位発熱量(LHV)を算出した。

$$\text{HHV}: 46.1 \text{ MJ/Nm}^3 \quad (= 11,000 \times 4.18680 \times 10^{-3})$$

$$\text{LHV}: 41.5 \text{ MJ/Nm}^3 \quad (= 46.1 \times 0.900)$$

$$\text{LHV/HHV 換算係数}: 0.900$$

## 2) CO<sub>2</sub>排出係数

CO<sub>2</sub>排出係数は、日本ガス協会からの提供資料によるLNGとLPGのブレンド割合を用いて算出した。当該資料によると、都市ガス製造には熱量調整のためLNGにLPGが4.12% (LHV基準) ブレンドされるとされている。なお、ブレンドに用いられるLPGは民生用(プロパンガス)であるとする。

HHV ベース: 49.8 g-CO<sub>2</sub>/MJ (= 49.4 × (1 - 0.0412) + 59.5 × 0.0412)

LHV ベース: 55.3 g-CO<sub>2</sub>/MJ (= 54.9 × (1 - 0.0412) + 64.7 × 0.0412)

## 3) 単位換算値

単位換算値は、日本ガス協会からの提供値を用いた。この数値は、「H14 環境省検討会報告書」でCO<sub>2</sub>排出係数を算出する際に用いられた組成データと同一のデータを基に算出されたものである。

単位換算値: 0.847 kg/Nm<sup>3</sup>

### 3 - 7 合成燃料等

合成燃料等で対象とする燃料を以下に示す。

メタノール

DME

FT 軽油

#### (1) メタノール

##### 1) 発熱量

発熱量は、「メタノール発電技術」から引用した。

HHV:5,420 kcal/kg

LHV:4,745 kcal/kg

この発熱量はkcalベースなので、国際蒸気表カロリー（ $4.18680 \times 10^{-3}$  MJ/kcal）を用いてMJベースに換算した。

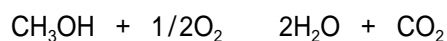
HHV:22.7 MJ/kg (=  $5,420 \times 4.18680 \times 10^{-3}$ )

LHV:19.9 MJ/kg (=  $4,745 \times 4.18680 \times 10^{-3}$ )

LHV/HHV 換算係数:0.877 (=  $4,745 \div 5,420$ )

##### 2) CO<sub>2</sub>排出係数

CO<sub>2</sub>排出係数は、燃焼反応式と分子量から算出した。燃焼反応式を参考に、kg当りのCO<sub>2</sub>排出係数は分子量を用いて以下のように算出することができる。



$$\text{CO}_2 \text{ 排出係数} = 44.010 [\text{CO}_2] \div 32.042 [\text{CH}_3\text{OH}] = 1.37 \text{ kg-CO}_2/\text{kg}$$

さらに、MJ当りのCO<sub>2</sub>排出係数に換算した。

HHV ベース:60.4g-CO<sub>2</sub>/MJ (=  $1.37 \times 1000 \div 22.7$ )

LHV ベース:68.9 g-CO<sub>2</sub>/MJ (=  $1.37 \times 1000 \div 19.9$ )

3) 単位換算値

単位換算値は、「メタノール発電技術」から引用した。

単位換算値: 0.796kg/l

(2) DME

1) 発熱量

発熱量は、分式式と分子量、燃焼反応熱量から算出した。燃焼反応熱量は、「燃料電池技術データ集」から引用した。

表 3-26 DME の発熱量

	分子式	分子量 (g/mol)	標準発熱量* (kJ/mol)	発熱量 (MJ/kg)	換算係数 (LHV/HHV)
HHV	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> O	46.068	1460.5	31.7	0.909
LHV			1328.4	28.8	

\* 標準発熱反応は、燃料電池開発情報センター「燃料電池技術データ集」(平成13年6月)から引用

HHV: 31.7 MJ/kg  
 LHV: 28.8 MJ/kg  
 LHV/HHV 換算係数: 0.909 (= 28.8 ÷ 31.7)

2) CO<sub>2</sub>排出係数

CO<sub>2</sub>排出係数は、燃焼反応式と分子量から算出した。燃焼反応式を参考に、kg当りのCO<sub>2</sub>排出係数は分子量を用いて以下のように算出することができる。



$$\text{CO}_2\text{排出係数} = 2 \times 44.010 [\text{2CO}_2] \div 46.068 [(\text{CH}_3)_2\text{O}] = 1.91 \text{ kg-CO}_2/\text{kg}$$

さらに、MJ当りのCO<sub>2</sub>排出係数に換算した。

HHV ベース: 60.3 g-CO<sub>2</sub>/MJ (= 1.91 × 1000 ÷ 31.7)  
 LHV ベース: 66.3 g-CO<sub>2</sub>/MJ (= 1.91 × 1000 ÷ 28.8)

3) 単位換算値

単位換算値は、「理科年表」から引用した。

単位換算値: 2.108kg/Nm<sup>3</sup>



### (3) FT 軽油(GTL)

#### 1) 発熱量

「トヨタ・みずほ調査」で引用している Emissions from Trucks using Fischer-Tropsch Diesel Fuel (SAE 982526)における Shell の SMDS 軽油の値を採用した。当該資料においては、1kg 当たりと 1L 当たりの低位、高位の各発熱量が記載されている。LHV/HHV 換算係数については、記載されている高位発熱量と低位発熱量の比とする。

HHV:37.0 MJ/l (47.2MJ/kg)
LHV:34.5 MJ/l (44.0MJ/kg)
LHV/HHV 換算係数:0.932 (= 34.5 ÷ 37.0)

#### 2) CO<sub>2</sub>排出係数

CO<sub>2</sub>排出係数は、Emissions from Trucks using Fischer-Tropsch Diesel Fuel (SAE 982526)におけるShellのSMDS軽油の値を採用する。当該資料においては、ShellのSMDS軽油における炭素、水素、窒素、酸素の構成比(wt%)が記載されているため、含まれる炭素が全て完全燃焼し、二酸化炭素となると仮定し、kg当りのCO<sub>2</sub>排出係数を算出する。

$$\text{CO}_2\text{排出係数} = 0.8491 \div 12.0107[\text{C}] \times 44.010[\text{CO}_2] = 3.11 \text{ kg-CO}_2/\text{kg}$$

さらに、発熱量を用いてMJ当りのCO<sub>2</sub>排出係数に換算した。

HHV ベース:65.9 g-CO <sub>2</sub> /MJ (3.11 ÷ 47.2 × 1000)
LHV ベース:70.7 g-CO <sub>2</sub> /MJ (3.11 ÷ 44.0 × 1000)

#### 3) 単位換算値

単位換算値は、Emissions from Trucks using Fischer-Tropsch Diesel Fuel (SAE 982526)における Shell の SMDS 軽油の値を採用する。

単位換算値:0.785 kg/l
------------------

### 3 - 8 水素

#### 1) 発熱量

発熱量は、分式式と分子量、燃焼反応熱量から算出した。算出結果を以下に示す。  
燃焼反応熱量は、「燃料電池技術データ集」から引用した。

表 3-27 水素の発熱量

	分子式	分子量 (g/mol)	標準発熱量* (kJ/mol)	発熱量 (MJ/kg)	換算係数 (LHV/HHV)
HHV	H <sub>2</sub>	2.016	285.8	142	0.845
LHV			241.8	120	

\* 標準発熱反応は、燃料電池開発情報センター「燃料電池技術データ集」（平成 13 年 6 月）から引用

HHV: 142 MJ/kg  
LHV: 120 MJ/kg  
LHV/HHV 換算係数: 0.845 (= 120 ÷ 142)

ここで、液体水素、気体水素の各单位換算値（後述）を用いて、kg 当りの発熱量から体積当りの発熱量を算出した。

#### 液体

HHV: 10.1 MJ/l (= 142 × 0.0708)  
LHV: 8.50 MJ/l (= 120 × 0.0708)

#### 気体

HHV: 12.8 MJ/ Nm<sup>3</sup> (= 142 × 0.0899)  
LHV: 10.8 MJ/ Nm<sup>3</sup> (= 120 × 0.0899)

#### 2) 単位換算値

単位換算値は、「理科年表」から引用した。

単位換算値: 0.0708 kg/l (液体)  
単位換算値: 0.0899 kg/Nm<sup>3</sup> (気体)

### 3 - 9 電力

対象とする発電種類を以下に示す。国内火力発電平均は，原油，重油，天然ガス，石炭による発電の平均である。

- 原油発電
- 重油発電
- 天然ガス発電
- 石炭発電
- 国内火力発電平均
- 原子力発電
- 太陽光発電
- 風力発電
- 水力発電

#### (1) 原油・重油・天然ガス・石炭発電

##### 1) 発熱量

石油（原油，重油），天然ガス，石炭発電の各種発熱量は，電力事業連合会提供資料から引用した（表 3-28）。「発電技術の評価」から引用した平成 11 年度の総発熱量（HHV）と発電量をもとにして算出している。LHV については，発電に使用する燃料それぞれの換算係数を用いて算出した。ここでは，原油発電と重油発電は分かれていない。

表 3-28 発電種類別発熱量

	総発熱量(HHV) <sup>1</sup> (Gcal/年)	発電量 <sup>1</sup> (MWh/年)	発熱量(HHV) (kcal/kWh)	発熱量(HHV) (MJ/kWh)	換算係数 LHV/HHV	発熱量(LHV) (kcal/kWh)
石油発電(原油, 重油)	13,725,976	6,132,000	2.238	9.37	0.950	8.90
天然ガス発電	13,167,341	6,132,000	2.147	8.99	0.900	8.09
石炭発電	13,333,805	6,132,000	2.174	9.10	0.975	8.87
	A	B	C(=A/B)	D(=C×4.18680) <sup>3</sup>	E	F(=D×E)

\*1 電力中央研究所「ライフサイクル CO2 排出量による発電技術の評価」（2000 年 3 月）による 1999 年度データ

\*2 換算係数：石油は原油，天然ガスは液化天然ガス，石炭は輸入原料炭の数値を使用

\*3 国際蒸気表カロリーを用いて kcal MJ へ換算

出典：電気事業連合会提供資料

石油発電(原油・重油)
HHV:9.37 MJ/kWh
LHV:8.90 MJ/kWh
天然ガス発電
HHV:8.99 MJ/kWh
LHV:8.09 MJ/kWh
石炭発電
HHV:9.10 MJ/kWh
LHV:8.87 MJ/kWh

## 2) CO<sub>2</sub>排出係数

原油、重油、天然ガス、石炭発電の各種CO<sub>2</sub>排出量は、電気事業連合会提供資料から引用した(表 3-29)。「発電技術の評価」から平成 11 年度のCO<sub>2</sub>排出量を引用したものである。

表 3-29 発電種類別CO<sub>2</sub>排出係数

	CO <sub>2</sub> 排出量 <sup>1</sup> (CO <sub>2</sub> -kg/kWh)	CO <sub>2</sub> 排出量 (CO <sub>2</sub> -g/MJ)
原油発電	0.698	194
重油発電	0.711	198
天然ガス発電	0.462	128
石炭発電	0.887	246
	A	B (= A × 1000/3.6)

\*1 電力中央研究所「ライフサイクル CO<sub>2</sub> 排出量による発電技術の評価」  
(2000年3月)による1999年度データ

\*2 電力消費時発熱量を用いて換算  
出典：電気事業連合会提供資料

原油発電
194 g-CO <sub>2</sub> /MJ (0.698 kg-CO <sub>2</sub> /kWh)
重油発電
198 g-CO <sub>2</sub> /MJ (0.711 kg-CO <sub>2</sub> /kWh)
天然ガス発電
128 g-CO <sub>2</sub> /MJ (0.462 kg-CO <sub>2</sub> /kWh)
石炭発電
246 g-CO <sub>2</sub> /MJ (0.887 kg-CO <sub>2</sub> /kWh)

(2) 国内火力発電平均

1) 発熱量

国内火力発電平均の発熱量は、電気事業連合会提供資料から引用した。「電力需給の概要」の1999年度9電力会社の火力発電の構成比率を引用し、各種発熱量を加重平均することによって算出している。

表 3-30 火力電力の構成比率

	国内電力量 <sup>1</sup> (百万kWh/年)	構成比率 (%)
石油発電	72,390	17.7%
天然ガス発電	246,487	60.4%
石炭発電	88,995	21.8%
計	407,872	100.0%

\*1 電力中央研究所「ライフサイクルCO<sub>2</sub>排出量による発電技術の評価」  
(2000年3月)による1999年度データ  
出典：電気事業連合会提供資料

$$\text{HHV: } 9.08 \text{ MJ/kWh } (= 9.37 \times 0.177 + 8.99 \times 0.604 + 9.10 \times 0.218)$$
$$\text{LHV: } 8.41 \text{ MJ/kWh } (= 8.90 \times 0.177 + 8.09 \times 0.604 + 8.87 \times 0.218)$$

2) CO<sub>2</sub>排出係数

CO<sub>2</sub>排出係数は、電気事業連合会提供資料から引用した。発熱量と同様、「電力需給の概要」の火力発電の構成比率を用いて、各種CO<sub>2</sub>排出係数の加重平均をとっている。石油発電については、「ライフサイクルCO<sub>2</sub>排出量による発電技術の評価」から石油平均のCO<sub>2</sub>排出係数「196g-CO<sub>2</sub>/MJ (0.704kg-CO<sub>2</sub>/kWh)」を引用している。

$$166 \text{ g-CO}_2/\text{MJ } (= 196 \times 0.177 + 128 \times 0.604 + 246 \times 0.218)$$

(3) 原子力発電

1) 発熱量

発熱量は、便宜上、「総エネ統計」の電力消費時の発熱量を引用した。

$$\text{HHV: } 3.60 \text{ MJ/kWh}$$
$$\text{LHV: } 3.60 \text{ MJ/kWh}$$

2) CO<sub>2</sub>排出係数

a) 発電所建設によるCO<sub>2</sub>排出量を考慮しない場合

CO<sub>2</sub>排出係数は、「原子力発電技術の評価」から、BWR(沸騰水型原子力発電)

の設備運用によるCO<sub>2</sub>排出係数「0.0209kg-CO<sub>2</sub>/kWh」を引用した。

5.81 g-CO<sub>2</sub>/MJ (= 0.0209 kg-CO<sub>2</sub>/kWh)

b) 発電所建設によるCO<sub>2</sub>排出量を考慮する場合

CO<sub>2</sub>排出係数は、「原子力発電技術の評価」から、BWR（沸騰水型原子力発電）の設備運用に設備建設によるCO<sub>2</sub>排出係数を加えた「0.0232kg-CO<sub>2</sub>/kWh」を引用した。

6.50 g-CO<sub>2</sub>/ MJ (= 0.0232 kg-CO<sub>2</sub>/kWh)

(4) 太陽光発電

1) 発熱量

自然エネルギーを利用する電力においては、消費時の電力を起源とするため、設定しない。

2) CO<sub>2</sub>排出係数

a) 発電所建設によるCO<sub>2</sub>排出量を考慮しない場合

CO<sub>2</sub>排出係数は、「発電技術の評価」から、設備運用によるCO<sub>2</sub>排出係数「0.0123kg-CO<sub>2</sub>/kWh」を引用した。

3.42 g-CO<sub>2</sub>/MJ (= 0.0123 kg-CO<sub>2</sub>/kWh)

b) 発電所建設によるCO<sub>2</sub>排出量を考慮する場合

CO<sub>2</sub>排出係数は、「発電技術の評価」から、設備運用に設備建設によるCO<sub>2</sub>排出係数を加えた「0.0534kg-CO<sub>2</sub>/kWh」を引用した。

14.8 g-CO<sub>2</sub>/MJ (= 0.0534 kg-CO<sub>2</sub>/kWh)

(5) 風力発電

1) 発熱量

自然エネルギーを利用する電力においては、消費時の電力を起源とするため、設定しない。

2) CO<sub>2</sub>排出係数

a) 発電所建設によるCO<sub>2</sub>排出量を考慮しない場合

CO<sub>2</sub>排出係数は、「発電技術の評価」から、設備運用によるCO<sub>2</sub>排出係数「0.0083kg-CO<sub>2</sub>/kWh」を引用した。

2.30 g-CO<sub>2</sub>/MJ (= 0.0083 kg-CO<sub>2</sub>/kWh)

b) 発電所建設によるCO<sub>2</sub>排出量を考慮する場合

CO<sub>2</sub>排出係数は、「発電技術の評価」から、設備運用に設備建設によるCO<sub>2</sub>排出係数を加えた「0.0295kg-CO<sub>2</sub>/kWh」を引用した。

8.19 g-CO<sub>2</sub>/MJ (= 0.0295 kg-CO<sub>2</sub>/kWh)

(6) 水力発電

1) 発熱量

自然エネルギーを利用する電力においては、消費時の電力を起源とするため、設定しない。

2) CO<sub>2</sub>排出係数

a) 発電所建設によるCO<sub>2</sub>排出量を考慮しない場合

CO<sub>2</sub>排出係数は、「発電技術の評価」から、設備運用によるCO<sub>2</sub>排出係数「0.0019kg-CO<sub>2</sub>/kWh」を引用した。

0.54 g-CO<sub>2</sub>/MJ (= 0.0019 kg-CO<sub>2</sub>/kWh)

b) 発電所建設によるCO<sub>2</sub>排出量を考慮する場合

CO<sub>2</sub>排出係数は、「発電技術の評価」から、設備運用に設備建設によるCO<sub>2</sub>排出係数を加えた「0.0113kg-CO<sub>2</sub>/kWh」を引用した。

3.13 g-CO<sub>2</sub>/MJ (= 0.0113 kg-CO<sub>2</sub>/kWh)

(7) 消費時発電

発熱量は、「総エネ統計」の電力消費時の発熱量を引用した。

HHV: 3.60 MJ/kWh

LHV: 3.60 MJ/kWh

### 3 - 10 バイオマス起源燃料等

バイオマス起源で対象とする燃料を以下に示す。

BDF  
メタン  
エタノール  
ETBE

#### (1) BDF

##### 1) 発熱量

低位発熱量 (LHV) は, 「トヨタ・みずほ調査」で引用している「循環型経済社会の形成を目指したバイオマスエネルギー活用促進に向けた調査～近畿地域におけるバイオマスエネルギー利用の展望～調査報告書 (近畿経済産業局資源エネルギー部エネルギー対策課, 2002.3)」の値を採用した。高位発熱量 (HHV), 換算係数については, データが得られていないので, 今後の課題とする。

LHV: 35.4 MJ/l (39.8MJ/kg)
----------------------------

##### 2) CO<sub>2</sub>排出係数

CO<sub>2</sub>排出係数は, 「トヨタ・みずほ調査」から引用した。HHVベースのCO<sub>2</sub>排出係数については今後の課題とする。

LHV ベース: 76.2 g-CO <sub>2</sub> /MJ
-------------------------------------

##### 3) 単位換算値

単位換算値は, 「トヨタ・みずほ調査」で引用している「循環型経済社会の形成を目指したバイオマスエネルギー活用促進に向けた調査～近畿地域におけるバイオマスエネルギー利用の展望～調査報告書 (近畿経済産業局資源エネルギー部エネルギー対策課, 2002.3)」の値を採用した。

単位換算値: 0.890kg/l
------------------



(2) メタン

1) 発熱量

発熱量は、分式式と分子量、燃焼反応熱量から算出した。燃焼反応熱量は、「燃料電池技術データ集」から引用した。

表 3-3 1 メタンの発熱量

	分子式	分子量 (g/mol)	標準発熱量* (kJ/mol)	発熱量 (MJ/kg)	換算係数 (LHV/HHV)
HHV	CH <sub>4</sub>	16.043	890.4	55.5	0.901
LHV			802.4	50.0	

\* 標準発熱反応は、燃料電池開発情報センター「燃料電池技術データ集」(平成 13 年 6 月)から引用

HHV : 55.5 MJ/kg  
LHV : 50.0 MJ/kg  
LHV/HHV 換算係数 : 0.901 (= 50.0 ÷ 55.5)

2) CO<sub>2</sub>排出係数

CO<sub>2</sub>排出係数は、燃焼反応式と分子量から算出した。燃焼反応式を参考に、kg当りのCO<sub>2</sub>排出係数は分子量を用いて以下のように算出することができる。



$$\text{CO}_2\text{排出係数} = 44.010 [2\text{CO}_2] \div 16.043 [\text{CH}_4] = 2.74 \text{ kg-CO}_2/\text{kg}$$

さらに、MJ当りのCO<sub>2</sub>排出係数に換算した。

HHV ベース : 54.8 g-CO<sub>2</sub>/MJ (= 2.74 × 1000 ÷ 55.5)  
LHV ベース : 49.4 g-CO<sub>2</sub>/MJ (= 2.74 × 1000 ÷ 50.0)

3) 単位換算値

単位換算値は、「理科年表」から引用した。

単位換算値 : 0.717kg/Nm<sup>3</sup>

### (3) エタノール

#### 1) 発熱量

発熱量は、分式式と分子量、燃焼反応熱量から算出した。燃焼反応熱量は、「燃料電池技術データ集」から引用した。

表 3-3 2 エタノールの発熱量

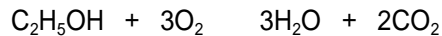
	分子式	分子量 (g/mol)	標準発熱量* (kJ/mol)	発熱量 (MJ/kg)	換算係数 (LHV/HHV)
HHV	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	46.068	1366.8	29.7	0.903
LHV			1234.8	26.8	

\* 標準発熱反応は、燃料電池開発情報センター「燃料電池技術データ集」(平成 13 年 6 月)から引用

HHV : 29.7 MJ/kg  
LHV : 26.8 MJ/kg  
LHV/HHV 換算係数 : 0.902 (= 26.8 ÷ 29.7)

#### 2) CO<sub>2</sub>排出係数

CO<sub>2</sub>排出係数は、燃焼反応式と分子量から算出した。燃焼反応式を参考に、kg当りのCO<sub>2</sub>排出係数は分子量を用いて以下のように算出することができる。



$$\text{CO}_2\text{排出係数} = 2 \times 44.010 [\text{2CO}_2] \div 46.068 [\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}] = 1.91 \text{ kg-CO}_2/\text{kg}$$

さらに、MJ当りのCO<sub>2</sub>排出係数に換算した。

HHV ベース : 64.3 g-CO<sub>2</sub>/MJ (= 1.91 × 1000 ÷ 29.7)  
LHV ベース : 71.3 g-CO<sub>2</sub>/MJ (= 1.91 × 1000 ÷ 26.8)

#### 3) 単位換算値

単位換算値は、「環境省 ETBE 資料」の値を引用した。

単位換算値 : 0.79 kg/l

#### (4) ETBE

##### 1) 発熱量

低位発熱量(LHV)は、「環境省 ETBE 資料」の値を引用した。また,1mol の ETBE を燃焼させたときに発生する水が 7mol であるので(2)の燃焼反応式参照),その潜熱ぶん(44MJ/mol)を加えることにより HHV を求めた。計算は,以下のようになる。

$$\text{LHV: } 35.2[\text{MJ}/\text{kg}_{\text{LHV}}] \times 102.18[\text{g}/\text{mol}] = 3596.736[\text{kJ}/\text{mol}_{\text{LHV}}]$$

$$\text{HHV: } 3596.736[\text{kJ}/\text{mol}_{\text{LHV}}] + 44 \times 7[\text{kJ}/\text{mol}:\text{H}_2\text{O}] = 3904.736[\text{kJ}/\text{mol}_{\text{HHV}}]$$

$$3904.736[\text{kJ}/\text{mol}_{\text{HHV}}] \div 102.18[\text{g}/\text{mol}] = 38.2[\text{MJ}/\text{kg}_{\text{HHV}}]$$

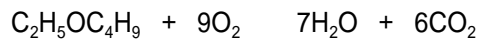
$$\text{HHV: } 38.2 \text{ MJ/kg}$$

$$\text{LHV: } 35.2 \text{ MJ/kg}$$

$$\text{LHV/HHV 換算係数: } 0.921 \quad (= 35.2 \div 38.2)$$

##### 2) CO<sub>2</sub>排出係数

CO<sub>2</sub>排出係数は,燃焼反応式と分子量から算出した。燃焼反応式を参考に,kg当りのCO<sub>2</sub>排出係数は分子量を用いて以下のように算出することができる。



$$\text{CO}_2\text{排出係数} = 44.010 \times 6 [6\text{CO}_2] \div 102.18 [\text{C}_2\text{H}_5\text{OC}_4\text{H}_9] = 2.58 \text{ kg-CO}_2/\text{kg}$$

さらに, MJ当りのCO<sub>2</sub>排出係数に換算した。

$$\text{HHV ベース: } 67.5\text{g-CO}_2/\text{MJ} \quad (= 2.58 \times 1000 \div 38.2)$$

$$\text{LHV ベース: } 73.3\text{g-CO}_2/\text{MJ} \quad (= 2.58 \times 1000 \div 35.2)$$

##### 3) 単位換算値

単位換算値は,「環境省 ETBE 資料」の値を引用した。

$$\text{単位換算値: } 0.75 \text{ kg/l}$$